

APERTURE

Patent Number: JP5159730
Publication date: 1993-06-25
Inventor(s): UMEMURA KAORU; others: 02
Applicant(s):: HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP5159730
Application Number: JP19910325522 19911210
Priority Number(s):
IPC Classification: H01J37/09 ; G01N23/22 ; H01J27/22 ; H01J37/08 ; H01J37/30
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To highly stabilize an ion current with no adherence to an emitter of sputter particles from an aperture or electrode by infiltrating a metal to a sintered material, placed in an ion beam passing path to have an opening, to form the aperture.

CONSTITUTION:A liquid metal 38 (in this example, alloy of gallium and indium, melting point about 18 deg.C) is left as previously injected to a groove 37 about a sintered disk 36. An emitted ion is radiated to an aperture, and even when the infiltrated liquid metal is decreased by sputtering the liquid metal, the liquid metal 38 of the groove 37 around the sintered disk 36 is absorbed by the disk 36 to place it always in a saturated condition. In concrete dimension, the sintered disk is provided with a 15mm diameter, 2mm thickness and a 100μm circular hole in the center, and the groove provided in a substrate is in 3mm width and 2.5mm depth capable of holding a reserved liquid metal of about 200mm³. The emitted ion is spread to a circular shape of about 5mm diameter on an electrode to radiate only the sintered disk.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-159730

(43) 公開日 平成5年(1993)6月25日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/09	A	9069-5E		
G 0 1 N 23/22		7172-2J		
H 0 1 J 27/22		7135-5E		
37/08		9069-5E		
37/30	Z	9172-5E		

審査請求 未請求 請求項の数13(全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平3-325522

(22) 出願日 平成3年(1991)12月10日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 梅村 馨

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 石谷 亨

茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立

製作所計測器事業部内

(72) 発明者 川浪 義実

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

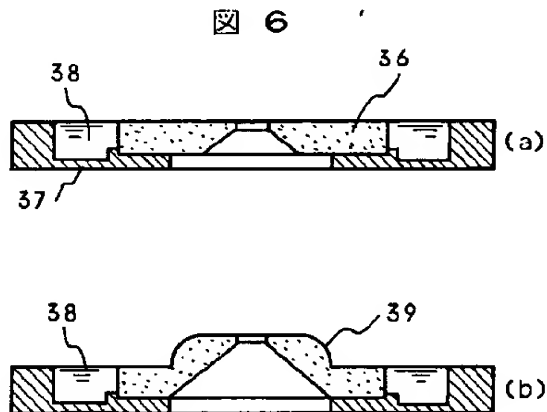
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 アパーチャ

(57) 【要約】

【構成】中央部に円孔をもった焼結材36にガリウムやセシウムなどの低融点金属を含浸させるか、円孔周辺に溝を設けその中に液体金属38を注入してアパーチャもしくは電極を構成する。

【効果】ガリウムなどの液体金属イオン源において、放出イオンによりスパッタされた二次粒子の影響を無力化できるため、イオン源の長時間、高安定動作が実現できる。



36…焼結体、37…基板、38…液体金属。

【特許請求の範囲】

【請求項1】イオンビームの通過路にあり、開口をもった焼結材に金属を浸透させて形成したことを特徴とするアパーチャ。

【請求項2】請求項1において、中央部に円孔をもった円板状の焼結体、前記焼結体を支える基板、前記焼結体に浸透された金属とから構成されたアパーチャ。

【請求項3】イオンビームの通過路にあるアパーチャであって、基板に設けた凹部に基板材と異種の金属を流入させたことを特徴とするアパーチャ。

【請求項4】中央部に円孔、該円孔周辺に溝をもった円板状基板、前記溝に注入した基板と異なる金属からなるアパーチャ。

【請求項5】請求項1、2、3または4において、加熱手段を備えたアパーチャ。

【請求項6】請求項1、2、3、4または5に記載の焼結体に含浸させる金属もしくは基板上の溝に注入する金属が、セシウム、ガリウム、すず、インジウムまたはこれらのいずれかを含む合金であるアパーチャ。

【請求項7】請求項5において、前記アパーチャの初期形状を損ねた時、前記加熱手段で焼結体に浸透された金属または溝にある金属を溶融させて前記アパーチャの初期形状を復帰させるアパーチャ再生方法。

【請求項8】イオン材料、前記イオン材料を保持するためのリザーバ、イオン材料を溶融状態にする加熱手段、前記リザーバから供給される溶融状態の前記イオン材料のイオンを放出させるために電界が集中するように配置されたエミッタ、前記エミッタとの間に電界を作りエミッタ先端から前記イオン材料のイオンを引出す引出し電極からなる液体金属イオン源において、引出し電極が請求項1から5のいずれかに記載の電極である液体金属イオン源。

【請求項9】所望のイオンを放出するイオン源、放出イオンの一部のみを通過させるビーム制限アパーチャ、放出したイオンビームを細く絞るための集束レンズ、イオンビームを走査させるための偏向器、集束したイオンビームを照射する試料と前記試料を保持する試料台等から構成される集束イオンビーム装置において、前記ビーム制限アパーチャが、請求項1から5のいずれかに記載のアパーチャである集束イオンビーム装置。

【請求項10】請求項8に記載の液体金属イオン源におけるイオン材料がセシウム、ガリウム、すず、インジウムまたはこれらのいずれかを含む合金である集束イオンビーム装置。

【請求項11】請求項8に記載の液体金属イオン源が搭載された集束イオンビーム装置。

【請求項12】請求項9から11のいずれかに記載の集束イオンビーム装置に、更に、二次イオン分析部を備えて、特に、試料の二次イオンを分析して試料の組成分析を行なう二次イオン質量分析装置である集束イオンビー

ム装置。

【請求項13】請求項9から11のいずれかに記載の集束イオンビーム装置において、特に、マスクレスイオン注入や、イオン露光、試料にスパッタリングによる凹部やマークを設けるなどの超微細領域加工を行なう集束イオンビーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は極微小領域の二次イオン質量分析計や超微細領域加工装置に代表される集束イオンビームを形成するための液体金属イオン源の引出し電極、または、集束イオンビーム装置におけるビーム制限アパーチャの構造に関する。

【0002】

【従来の技術】まず、液体金属イオン源 (Liquid Metal Ion Source, 以下、略してLMIS) についてその動作原理を説明する。LMISは、例えば、論文集ジャーナル・オヴ・ヴァキューム・サイエンス・アンド・テクノロジー、第A2巻、(1984年)第1365頁から第1369頁 (Journal of Vacuum Science and Technology, A2, (1984) 1365-1369) に記載の『デヴェロップメント・オヴ・ボロン・リキッド・メタル・イオン・ソース (Development of boron liquid-metal-ion source)』と題した論文の中でイシタニ (T. Ishitani) らが示しているように、次のような概略構成になっている。

【0003】図1に示したように、イオン化すべき材料 (イオン材料) 1 を溶融状態で保持するためのヒータ2と、ヒータ2から供給される溶融状態のイオン材料1のイオン3を先端から放出させるように配置した針状電極4と、この針状電極4の先端に高電界を集中させることによって針状電極先端からイオン3を引出すための引出し電極5とから構成され、これらが真空容器内に設置される。図1において6は真空容器、7、7'、7''は電源類である。イオン材料1を溶融状態で保持するための手段は、イオン材料1を保持する部分を通電によって加熱する抵抗加熱方式や、針状電極4の先端近傍を電子衝撃によって加熱する方式、更には、イオン材料の溜め部 (リザーバとも呼ばれる) のまわりにヒータを巻き付け、そのヒータの熱によってイオン材料を溶融状態にする方式など種々の方式があるが、LMISの基本構成としては大きな相違はない。

【0004】また、集束イオンビーム装置はLMIS、集束レンズ電極、ビーム偏向電極、ブランピング電極、ビーム制限アパーチャ等、多くの電極から構成され、LMISから放出したイオンに集束、偏向等の操作を巧みに施し、ターゲットである試料面上に直径100nm以下まで集束させたイオンビーム (集束イオンビーム, Focused Ion Beam; 以下、略してFIBと書く) を照射する装置である。例えば、極微小領域二次イオン質量分析計や

3

半導体デバイスの製造工程等に用いられているが、FIB装置をどの分野で用いようとも、イオンビームが常に安定し、しかも長時間維持することが要求される。

【0005】FIB装置において最も広く用いられているイオン種はガリウムである。ガリウムは低融点（約30℃）でLMISを常に加熱する必要は無く、この時の蒸気圧は殆んど無視でき、イオン材料の蒸発による消耗や装置内の汚れは無視できる等の利点をもっているため、LMISのイオン材料として好適とされている。一方、引出し電極やレンズ電極などはステンレス鋼、

【0006】FIB装置における上述の電極のうち、イオン発生部に最も近い距離に位置するイオンを引出すための引出し電極や、発散して放出したイオンの中心部のみを選択し下流のビーム集束系に導くためのビーム制限アパーチャの材質がイオン電流の安定性に大きく影響を与える。引き出し電極やビーム制限アパーチャの配置については、例えば、アルフレッド ワグナー(Alfred Wagner)が、ヌークリアインスツルメンツ アンド メソップス イン フィジクス リサーチ 第218号(1983年)なる論文集における、第355頁から第362頁(Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 218 (1983) 355-362)に『アプリケーションズ オブ フォーカスド イオン ビーム (Applications of Focused Ion Beams)』と題する論文において示している。

【0007】図2において、10は液体金属イオン源、11はエミッタ、12は引出し電極、13はビーム制限アパーチャ、14はレンズ、15は偏向器、16は試料、17是集束イオンビーム(FIB)を示す。エミッタ11の直下にイオンを引出すための引出し電極12、放出イオンの軸中心部分のみを選択するビーム制限アパーチャ13などが配置される。このようなイオン源10、引き出し電極12、アパーチャ13等の配置において、放出イオン17がこれら引出し電極12やビーム制限アパーチャ13に当たると、図3(a)のように電極材料やアパーチャ材料を二次イオンや二次中性粒子として叩き出してしまふ(スパッタリングする)。ここでは、この二次イオンや二次中性粒子をスパッタ粒子20と呼ぶことにする。このスパッタ粒子20がエミッタ11を覆う液体金属(イオン材料)18に付着すると、スパッタ粒子20とイオン材料である液体金属18の組み合わせによってはスパッタ粒子20が液体金属18表面にスラグ(非溶融材)21として浮遊するため放出イオン電流が不安定になる。

【0008】本来、非常に安定なイオン放出がなされている場合、図3(b)のように液体金属18の表面は清浄

4

で、長時間安定してテラコーン22が形成、維持されている。しかし、図3(c)に示すように、スラグ21がイオン生成箇所であるエミッタ11先端のテラコーン22付近に集積し、安定なイオン放出に必要な不可欠なテラコーン22の安定維持が阻害され、光学中心軸23を外れてのイオン放出や、不安定なイオン放出となったり、最悪の場合、イオン放出の停止となる。具体的には、ガリウムイオンを引出すLMISにおいて、一般によく用いられているように引出し電極をステンレスで、また、ビーム制限アパーチャをモリブデンで作成すると、エミッタ先端周辺のガリウムにステンレスの成分である鉄やニッケル、アパーチャの成分のモリブデンが付着していることがオージェ分析等の分析によって確認できる。従って、スパッタ粒子とイオン化される液体金属の組み合わせがLMIS作成時に重要な問題となる。

【0009】この問題を解決する方法として、イオンビームの通過する電極において、特に、放出イオンが照射する電極部分をイオン材料と同じか、イオン材料に含まれる元素で構成することでスパッタ粒子が液体金属表面にスラグとして浮遊することなく、長時間安定したイオン放出が可能となることは知られている。この思想は、特開昭60-165020号公報に開示されていて、実施例として、金とシリコンの合金をイオン材料として用いる時、引出し電極を金で作製すると、スパッタ粒子はイオン材料中に溶け込み、スラグとして浮遊することはないとされている。つまり、安定したイオン放出が望めるとしている。類似の思想として、特開昭61-34833号公報にも開示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来、FIB装置における電極はステンレスやモリブデンなど硬質な材料を用いて形成されていた。特開昭60-165020号公報では金を用いて電極を構成している。これら、どの材料も融点が1000℃前後であり、機械加工などで容易に作製することができる。

【0011】一方、FIB装置で最もよく用いられるイオン種はガリウムとセシウムである。しかし、これらはいずれも融点が29から30℃と低く、時には室温で熔融状態である。従って、上述したような思想を基に、イオン電流を安定化させる目的で引出し電極やビーム制限アパーチャを放出イオン種と同じ材質で作成することはできなかった。つまり、ガリウムもセシウムも低融点材料であるため電極としての形状を維持することができないためである。たとえ、低温にして凝固させたとしても、非常に軟らかくて電極を作製することができない。つまり、ガリウムLMISやセシウムLMISを安定に動作させる立場から、何らかの方法でガリウムLMISの場合はガリウムで、セシウムLMISの場合はセシウムで電極を作製することが望まれていたが、これら材質の電極が作製できないがために、しかたなく従来のステ

5

ンレスやモリブデン製の部材を使わざるを得なかった。

【0012】また、ビーム制限アパーチャや引出し電極が放出イオンの衝突により、スパッタされ、所定の大きさに加工された円孔が拡大したり、円孔の周縁部に微小突起が形成されて放電の原因になったりする。このような円孔の拡大や微小突起が発生した電極やアパーチャは、一旦、大気に出して新たな物と交換しなければならない。この作業は、時間を要し、正確さを必要とする作業であり、また、装置内の真空引きに多大の時間を要するなど利点は全くない。従って、ビーム制限アパーチャや引出し電極の円孔が拡大したり、微小突起が形成された時に真空容器内を大気に曝すことなく、アパーチャや電極を短時間に修復できる方法、手段が望まれていた。

【0013】本発明の目的は、FIB装置、特にガリウムやセシウム、すず、インジウムなどのFIBを形成する装置に用いられるLMISにおいて、エミッタへのスパッタ粒子の戻りを軽減し、また、イオン衝撃によるスパッタによって変形したアパーチャを真空容器外に出すことなく修復できるアパーチャを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、開口をもった焼結材に金属を浸透させてアパーチャまたは電極とするか、アパーチャまたは電極の基板に設けた凹部に基板材と異種の金属を流入させて形成する。具体的には、これらアパーチャまたは電極は、中央部に円孔をもった円板状の焼結体、前記焼結体を支える基板、焼結体に浸透された金属とから構成するか、中央部に円孔、前記円孔周辺に溝をもった円板状基板、前記溝に注入した基板と異なる金属とから構成する。更に、これら加熱手段を設け、焼結体に含浸させた金属もしくは基板上の溝に注入した金属を必要時に溶解させることで、アパーチャまたは電極の初期形状に再生させることができ、別の目的も達成することができる。

【0015】これらアパーチャまたは電極は、イオン材料と、イオン材料を保持するためのリザーバと、イオン材料を溶融状態にする加熱手段と、前記リザーバから供給される溶融状態の前記イオン材料のイオンを放出させるために電界が集中するように配置されたエミッタと、このエミッタとの間に電界を作りエミッタ先端から前記イオン材料のイオンを引出す引出し電極からなる液体金属イオン源における引出し電極や、所望のイオンを放出するイオン源と、放出イオンの一部のみを通過させるビーム制限アパーチャと、放出したイオンビームを細く絞るための集束レンズと、イオンビームを走査させるための偏向器と、集束したイオンビームを照射する試料とこの試料を保持する試料台等から構成される集束イオンビーム装置におけるビーム制限アパーチャに適用することができる。

【0016】また、液体金属イオン源のイオン材料がセシウム、ガリウム、すず、インジウムまたはこれらのい

6

ずれかを含む合金である場合、上述した焼結体に含浸させる金属もしくは基板上の溝に注入する金属は、セシウム、ガリウム、すず、インジウムまたはこれらのいずれかを含む合金であることで高安定イオン放出の継続が望める。

【0017】このような液体金属イオン源は、上述した集束イオンビーム装置に搭載することができ、このような集束イオンビーム装置は、二次イオン分析部を備えて二次イオンから試料の組成を調べるための二次イオン質量分析装置や、マスクレスイオン注入や、イオン露光、試料にスパッタリングによる凹部やマークを設けるなどの微細加工を行なう超微細領域加工装置などにも転用することができる。

【0018】

【作用】インジウムLMISを搭載し、焼結体にガリウムを浸透させたアパーチャを採用したFIB装置の場合について説明する。

【0019】引出し電極に印加される高電圧によってエミッタ先端に高電界が形成され、エミッタを覆う液体インジウムの薄膜は、イオン化されインジウムイオンとして引出される。インジウムイオンは引き出し電極の円孔を通過し、ビーム制限アパーチャによって、放出イオンの軸中心部のみのイオンが通過し、その他のイオンの通過は遮断される。この時、遮断されたイオンはアパーチャを叩き、アパーチャから二次電子や二次イオン、二次中性粒子などを放出させ、これら二次粒子はエミッタに戻る。ここで、アパーチャを一次イオン種のインジウムと低融点の合金を形成するガリウムでアパーチャを形成することで、二次粒子、特に、二次イオン、二次中性粒子はガリウムで構成され、エミッタに戻ってもスラグとはならず液体インジウム中に溶解込み、イオン電流の安定性に影響を与えない。

【0020】しかし、ガリウムは融点が低く、電極やアパーチャ形状に形成することが困難であるため、ガリウムを保持する手段として、多くの空隙部をもった焼結体やメッシュなどをアパーチャもしくは電極形状に成形して、ガリウムをこれらアパーチャや電極に浸透（含浸）させると、ガリウムの電極またはアパーチャを作製することができる。

【0021】この電極を長時間使用すると、含浸させたガリウムが一次イオンのスパッタリングにより減少し、地肌の焼結体が露出する。この露出した焼結体を一次イオンが叩くと、焼結体元素の粒子がエミッタに戻り、結果は従来のアパーチャの場合と同様にエミッタにスラグとして浮遊するという問題を引き起こす。この問題点に対しては、アパーチャや電極に含浸させる液体金属（ガリウム）の溜め部を設けておくことにより、スパッタによりイオン照射部から含浸した金属が減少しても、この溜め部から含浸金属が逐一補給され、イオン照射部である焼結体は常に液体金属で満たされた状態となる。この

ため、この種のアパーチャや電極は長時間使用に好適となる。さらに、アパーチャや電極に加熱手段を設けておき、液体金属の焼結体への浸透を促進させることも有効である。

【0022】更にこれらの思想を発展させて、特に、焼結体を用いずに、アパーチャまたは電極の円孔周辺、つまり、イオン照射部をガリウム、インジウム、すず、セシウム等の金属で覆っておくことで、基板金属のスパッタリングは避けられる。具体的にはアパーチャまたは電極のイオン照射部に溝を設けて、その溝に金属を注入し

【0023】

【実施例】

＜実施例1＞本例は本発明による最も簡単な実施例であり、図4を用いて説明する。直径50mm、厚さ3mmのステンレス製円板の中央に直径30mm、深さ2mmの座ぐりを設けた基板30に、予め低融点金属を浸透させておいた焼結円板31を嵌め込んだ構成の引出し電極32である。浸透させた金属はガリウムである。ガリウムはインジウムやすずと低融点の合金を形成するため、イオン材料がインジウムやすずのLMISにも使用できる。焼結材は直径10μmのタングステン球を高温で焼結させ、直径15mm、厚さ2mm、中央に100μmの円孔をもった円板形状に仕上げた。焼結円板の円孔33は放出イオンの円孔側壁での衝突、散乱を避けるために、下面側に大きな開口となる開き角は約100°のテーパ形状とした。

【0024】＜実施例2＞本実施例は実施例1と同様に焼結円板を用いるものであるが、基板は皿状になったアパーチャの例である。図5を用いて説明する。基板34が皿状になっているため焼結円板35の下面は基板で覆われている。焼結円板に浸透させる液体金属がセシウムのように表面張力の小さな金属である場合、実施例1のような形状では液体金属は焼結円板の下面からしみ出すという問題を生じる。従って、焼結円板35の下面を基板34で覆い、液体金属のしみ出しを防止した。セシウムのような表面張力の小さなイオン材料に好適である。

【0025】＜実施例3＞本実施例も実施例1と同様に焼結円板を用いるものであるが、焼結円板36の周りに溝37を設けて浸透金属38の溜め部を設けた。図6(a)を用いて説明する。焼結円板36の回りの溝37に予め液体金属38(本例ではガリウムとインジウムの合金。融点約18℃)を注入しておく。アパーチャが放出

イオンによって照射され、液体金属がスパッタされて浸透していた液体金属が減少しても焼結円板36の溝37の液体金属38が焼結円板36に吸収され焼結円板36は常に飽和状態になっている。

【0026】具体的寸法は、焼結円板の直径が15mm、厚さ2mm、中央に100μmの円孔をもっており、基板にある溝は幅3mm、深さ2.5mmで、約200mm³の予備の液体金属を保持しておくことができる。放出イオンは電極上で直径約5mmの円形に広がり、焼結円板のみを照射している。

【0027】また、焼結板は必ずしも円板である必要はなく、図6(b)のように少し突出部39を有していても、液体金属の表面張力で焼結突出部に浸透していき、引出し電極として用いることができる。

【0028】さらに、注入した金属の凝固を防止し、焼結体に浸透しやすくするために、この電極に加熱手段を設けても良い。

【0029】＜実施例4＞本実施例は実施例3と液体金属の溜め部を設けるという発想で同じであるが、図7のように焼結体を薄板にして、この薄板40の下に液体金属41を貯溜した引出し電極42の実施例である。イオン放出によって電極表面の液体金属がスパッタリングされ、焼結体を覆う液体金属が少なくなっても、液体金属が焼結材薄板直下に貯溜されているため、液体金属が逐次焼結材薄板に供給され、電極の寿命は実施例1に比べて約十倍に延びた。また、焼結材薄板の代わりに炭素製や金属製のメッシュであっても同じ効果を示す。

【0030】このように、実施例1から4にかけて五種類の例を掲げて説明した。このような思想が開示された以上、この他、構造的改変は当業者なら種々容易に考えられるが、本発明の基本思想は、焼結体のような液体を吸収しやすい材質に、LMISのイオン材料に溶け込みやすい金属を含浸させておくことにある。

【0031】＜実施例5＞本実施例は、皿型基板43に比較的低融点金属44を貯め、かつ、この基板に加熱手段45を設けたアパーチャの例である(図8(a))。直径50mm、厚さ3mmのステンレス製円板の中央部に直径0.2mmの円孔46、その回りを深さ2mm、幅20mmの溝を設け、中央部に円管が立った皿を基板とする。その中に比較的低融点の金属44を注入した。つまり、実施例4において焼結体の薄板を取り除いて、注入金属を露出させた点に構造上の特徴がある。

【0032】イオン放出に伴い円孔46周辺のイオン照射部はスパッタリングされ、イオン照射前に比べて、表面の凹凸47が激しくなる(図8(b))。このとき、イオン照射部の凹凸47に微小突起が形成されると、この微小突起とエミッタ間で放電を始める。幸い放電が生じず、更にイオン放出を継続すると、ついには基板の地肌48は露出し(図8(c))、基板をスパッタし始め、基板成分の二次粒子がエミッタ先端に付着しイオン電流の

不安定にいたる。このことを避けるために、ある時間イオン放出継続した後、アパーチャに設置された加熱手段、本例ではセラミックヒータ45で基板43を加熱し、基板内の比較的低融点金属を溶融させてイオン照射によって生じた凹凸を平坦化させた。具体的には、すずL M I Sを使用する場合に、注入金属にもインジウムを注入しておき、全放出イオン電流 $2\mu\text{A}$ で累積三百時間の動作毎にアパーチャを約 150°C に加熱させた。これによって、これまで固体のインジウムをアパーチャとして用いていた時に比べて、アパーチャの寿命は約百倍に延びた。もちろんイオン材料のすずに対するイオンジウムは液体すず表面にスラグを生じさせ間柄ではないので、イオン電流は安定している。

【0033】＜実施例6＞本発明による含浸型アパーチャの効果を示すために、二台の液体金属イオン源を用いて、一方のビーム制限アパーチャは実施例1で説明したものを使用し、他方は従来のモリブデン製のアパーチャを用いて、その動作状態をモニタして比較した。エミッタ形状、アパーチャ径、エミッタとアパーチャまでの距離等の配置、構成は全く同じである。両者の比較方法は、一定引出し電圧の下で、全放出イオン電流を $2\mu\text{A}$ に設定し長時間動作させる。この時、ある時間毎に引出し電圧(V)と全放出イオン電流(I)の関係(いわゆる、V-I特性)を測定し、その勾配の時間変化に注目した。V-I特性の勾配(V/I)は、エミッタ表面での液体金属の流れインピーダンスを示す指標として知られており、エミッタ表面に不純物が付着して液体金属の流れが悪くなったり、エミッタの温度が低下して液体金属が部分的に凝固し始めたり、液体金属のエミッタに対する濡れが悪くイオン生成部に安定して液体金属が供給されないような場合は、V/I値は大きくなり、イオン電流の安定性は悪くなり実用にならない状態に陥る。本実験の場合、エミッタに付着するアパーチャからのバックスパッタ粒子の種類による経時変化の比較ができる。

【0034】結果を図9に示す。図9において、横軸は動作時間、縦軸はV/I値であり、黒丸印は従来のモリブデンアパーチャ、白丸印は本実施例によるガリウム含浸アパーチャの場合を示す。図9から明らかなように、従来のモリブデンアパーチャの場合、三時間程度でV/I値は $300(\text{V}/\mu\text{A})$ に達するのに対し、ガリウム含浸アパーチャの場合、五百時間を越えてもV/I値は

$60(\text{V}/\mu\text{A})$ 程度で一定であることがわかる。つまり、従来のモリブデンアパーチャの場合、三時間程度のイオン放出により、エミッタ表面にモリブデン二次粒子が付着してしまい、安定したイオン放出を阻害し、実用に耐えなくなるのに対し、ガリウム含浸型アパーチャの場合、五百時間を越えてもエミッタ表面のイオン材料に悪影響を及ぼすことなく安定にイオン放出し続けていることがわかる。つまり、ガリウム含浸型アパーチャの有効性が明らかとなった。

【0035】このように、本発明による含浸型アパーチャを用いることによって長時間安定イオン放出が実現できた。

【0036】

【発明の効果】従来作製が困難だったガリウムやインジウム等の低融点金属のアパーチャまたは電極が容易にできるため、ガリウム、インジウム、セシウム、すず及びこれらが含む合金をイオン材料とする液体金属イオン源において、アパーチャまたは電極からのスパッタ粒子のエミッタへの付着が問題とならなくなり、イオン電流の高安定化が実現できる。

【0037】加熱手段を有するアパーチャまたは電極に低融点金属を露出させた構造を採用すると、スパッタリングによるアパーチャまたは電極の形状変化に対して、必要に応じてアパーチャまたは電極を加熱することで低融点金属は溶融され、初期の形状に再生する。しかも、これらアパーチャまたは電極を大気に曝すことなく再生できるので装置の停止時間を極端に短くできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】液体金属イオン源の動作原理の説明図。

【図2】集束イオンビーム装置の説明図。

【図3】従来の電極を用いた場合に生じる問題点の説明図。

【図4】本発明による一実施例の断面図。

【図5】本発明による第二の実施例の断面図。

【図6】本発明による第三の実施例の断面図。

【図7】本発明による第四の実施例の断面図。

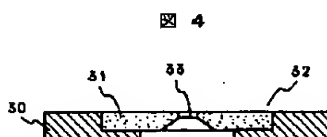
【図8】本発明による第五の実施例の断面図。

【図9】本発明の有効性を示す実験結果を示す特性図。

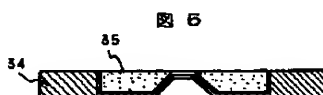
【符号の説明】

34…基板、36…焼結体、37…溝、38…液体金属。

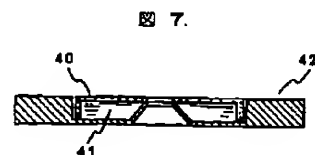
【図4】



【図5】

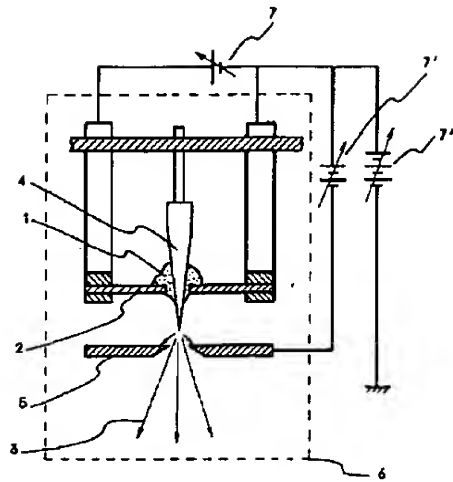


【図7】



【図1】

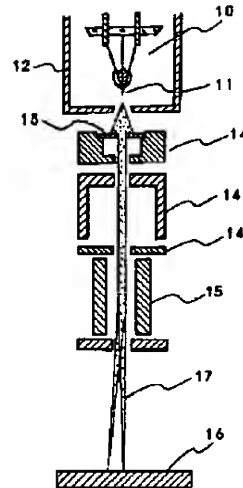
図 1



1…イオン材料（液体金属）、3…放出イオン、4…エミッタ、5…引出し電極、6…イオン導、11…エミッタ、12…引出し電極、15…ビーム制限アパーチャ、17…集束イオンビーム。

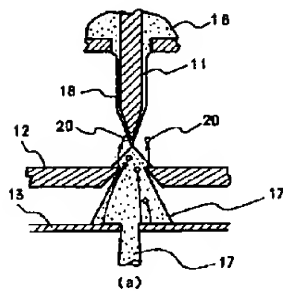
【図2】

図 2



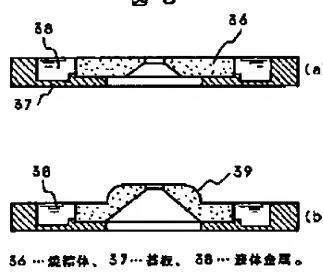
【図3】

図 3



【図6】

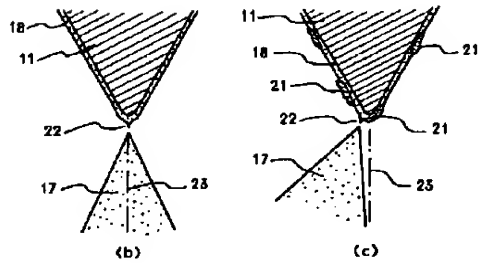
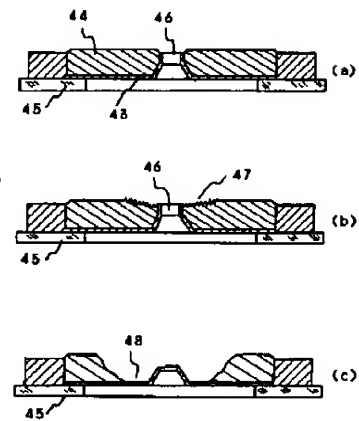
図 6



36…液体金属、37…基板、38…液体金属。

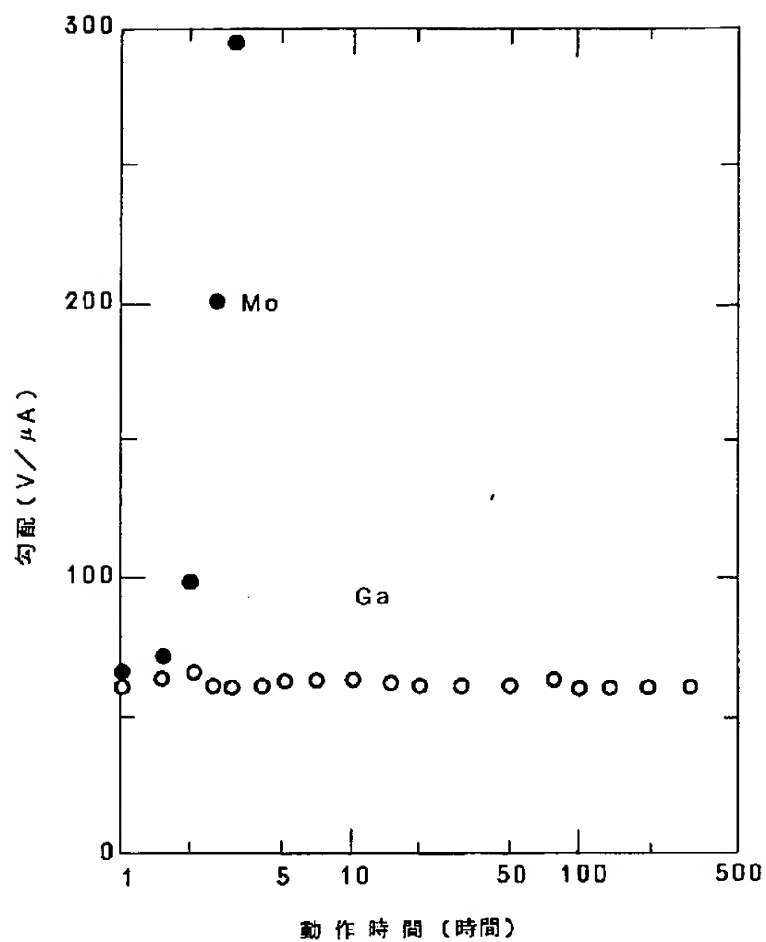
【図8】

図 8



【図9】

図 9



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

// H01J 37/252

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 9069-5E